

运用检修

直流3 000 V动车组电机连接器 击穿原因分析及改进

赵建军, 徐锦标, 孟 亚

(南车南京浦镇车辆有限公司, 江苏 南京 210031)

摘 要: 阐述了格鲁吉亚电动车组 AC 2 250 V 电机连接器的主要技术参数、设计结构及绝缘材料选择。针对在调试期间发生的电机连接器被电压击穿的故障, 对原因进行分析仿真, 结合击穿原因进行了改进设计。

关键词: 电连接器; 电气击穿; 局部放电; 格鲁吉亚

中图分类号: U266.2; U269.6 **文献标识码:** B

文章编号: 1000-128X(2014)06-0099-05

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2014.06.104

格鲁吉亚电动车组作为中国南车研制的首列出口电动车组, 搭载了南车自主研发的牵引传动系统和网络控制系统, 实现了我国电动车组核心技术首次成套出口。格鲁吉亚电动车组最高运行速度为 140 km/h, 采用 2 动 2 拖 4 辆编组。

首列格鲁吉亚动车组于 2012 年 11 月~12 月在格鲁吉亚第比利斯到巴统区间调试期间发生 M1 车 3 位电机和 M2 车 4 位电机(车体侧)连接器被电压击穿的故障。针对 2 起连接器故障, 技术人员对连接器故障原因进行了系统分析, 通过仿真分析和试验重现了故障现象, 提出解决措施和建议。

1 电机连接器主要技术参数

1.1 电机连接器主要技术参数

根据格鲁吉亚动车组项目《牵引电机采购技术规范》中的“线路电压条件: 额定线路电压 3 kV”, 设计 YQ-250 型牵引电机用主连接器的主要技术参数如下:

额定电流	150 A/芯
接触电阻	$\leq 0.5 \text{ m}\Omega$
绝缘电阻	$\geq 5\,000 \text{ M}\Omega$ (常态), $\geq 100 \text{ M}\Omega$ (湿热)
耐电压	AC 8 300 V, 1 min
线芯截面积	35 mm^2
防护等级	IP66
适应温度范围	$-55 \sim +85 \text{ }^\circ\text{C}$

1.2 结构

YQ-250 型牵引电机用主连接器(YGC-SP 3PR -150I)结构图见图 1。连接器由插针、卡簧、绝缘座、壳体、密封件等组成。连接器核心部件为插针、绝缘座。插针选

用低电阻率铜材镀银, 以降低接触电阻。绝缘座选用机械强度高、耐高温、难燃、热稳定性好、电性能优良的工程塑料。

该连接器为三芯压接式连接器, 插头与插座采用卡口快速连接。IP 等级符合 IP66 要求。适合 35 mm^2 电缆, 电机侧连接器(插头, YGC-S3P-150I)电缆直径范围 15.9~18.6 mm, 车体侧连接器(插座, YGC-P3R-150I)电缆直径范围 10.9~12.6 mm。

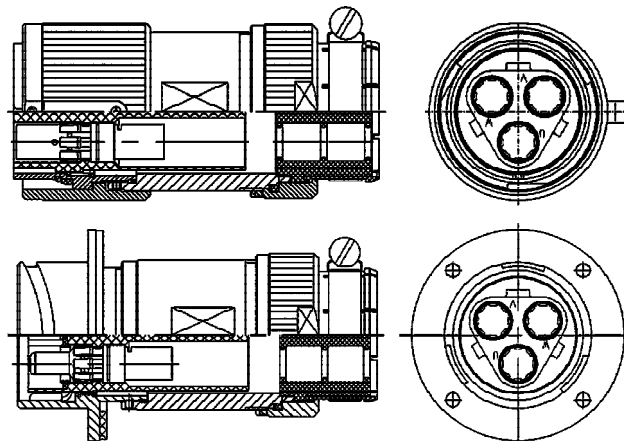


图 1 连接器结构

1.3 主连接器绝缘设计

该连接器为满足耐压值 8 300 V 的设计要求, 绝缘座选用电连接器上广泛使用的聚苯硫醚(PPS)。PPS 具有机械强度高、耐高温、难燃、热稳定性好、电性能优良等特点。其介电强度约为 16 kV/mm, 相对介电常数约为 4.2。

车体侧与电机侧连接器的绝缘座结构除插针接头处(插针与插孔的区别)不同外, 其他部位均相同。绝缘座在插针定位设计壁厚 3 mm。因满足电缆外径 17 mm 的要求, 电缆部位最小壁厚 1.6 mm。绝缘座的壁厚绝缘强度耐压值大于 8 300 V 的设计要求。

2 电机连接器击穿原因分析

2.1 电击击穿原理分析

根据连接器的工作原理、设计结构、运用因素影响, 连接器绝缘电阻失效原因分为内在和外在 2 部分, 连接器电压击穿的故障树分析见图 2 所示。

外在原因主要有: 连接器在组装过程中混入污秽或进水; 连接器插针压接不良, 如存在尖锐部分; 连接器承受异常高电压; 连接器长时异常大电流工作等。

内在原因主要有: 连接器局部放电; 连接器绝缘材料缺陷; 连接器设计的耐受电压低; 连接器密封失效导致的进水或混入污秽等。

该项目用连接器防护等级为 IP66, 可排除防护等级低的因素。2 起连接器故障发生在首列车调试阶段, 可排除密封失效的因素。调试过程中主电路工作正常, 可以排除异常高压或长时异常大电流。

收稿日期: 2013-10-19

综上分析,格鲁吉亚项目牵引电机主连接器绝缘电阻失效的原因与连接器局部放电、插针压接不良、连接器内部存在水、绝缘材料缺陷、耐受电压有关。

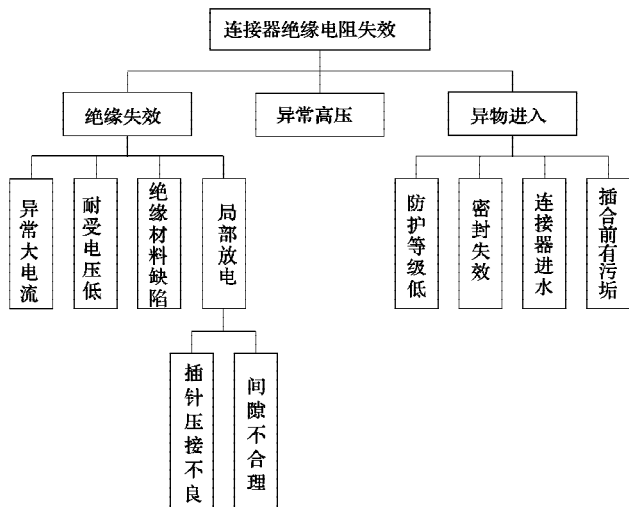


图2 连接器绝缘电阻失效故障树分析

2.2 局部放电

局部放电指电气设备绝缘中发生的局部、非贯穿性放电,一般发生在导体附近强电场区域。连接器在插针与绝缘体间的间隙设计不合理时在高压情况会发生局部放电。这种放电可以发生在导体(电极)附近,也可发生在其他位置。

局部放电的种类:

- ①绝缘材料内部放电(固体-空穴,液体-气泡);
- ②表面放电;
- ③高压电极尖端放电。

局部放电的产生:设备绝缘内部存在弱点或生产过程中造成的缺陷,在高压电场作用下发生重复击穿和熄灭现象——局部放电。

局部放电的特点:

- ①放电能量很小,短时间内存在不影响电气设备的绝缘强度;
- ②对绝缘的危害是逐渐加大的,其发展需要一定时间,产生累计效应—缺陷扩大—绝缘击穿。
- ③对绝缘系统寿命的评估分散性很大。与发展时间、局放种类、产生位置、绝缘种类等有关。
- ④局部放电试验属非破坏试验,不会造成绝缘损伤。

局部放电测试的目的和意义:确定试品是否存在放电及放电是否超标,确定局部放电起始和熄灭电压。发现其他绝缘试验不能检查出来的绝缘局部隐形缺陷及故障。

局部放电主要参量:

- ①局部放电的视在电荷 q :电荷瞬时注入试品两端时,试品两端电压的瞬时变化量与试品局部放电本身所引起的电压瞬变量相等的电荷量,一般用pC(皮库)表示。

②局部放电试验电压:按相关规定施加的局部放电试验电压,在此电压下局部放电量不应超过规定的局部放电量值。

③规定的局部放电量值:在规定的电压下,对给定的试品,在规程或规范中规定的局部放电参量的数值。

④局部放电起始电压:试品两端出现局部放电时,施加在试品两端的电压值。

⑤局部放电熄灭电压:试品两端局部放电消失时的电压值(理论上比起始电压低一半,但实际值比理论值要低5%~20%甚至更低更多)。

2.2.1 局部放电机理

内部放电是指绝缘材料中含有气隙、油隙、杂质等,在电场的作用下会出现介质内部或介质与电极之间的放电。等效原理图如图3所示。

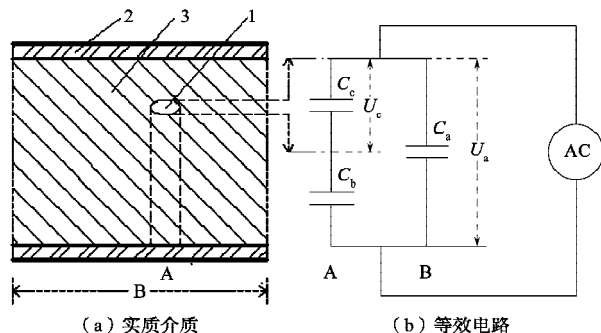


图3 具有内部放电的介质的等效电路
1——气隙;2——电极;3——介质;A——有缺陷介质;B——完美介质

图3 具有内部放电的介质的等效电路

当绝缘的介质损耗不大时,在交流电场下,包含内部气隙的绝缘可用图3所示的等效电路代表。图中 C_c 表示内部气隙的电容, C_b 表示与气隙相串联的介质的电容, C_a 表示电极下除 C_c 、 C_b 以外的介质的电容。对于表面放电,只要把电极边缘区域电极对绝缘表面间的电容看成 C_c (图4),则图4所示的等值电路也是适用的。在一般情况下,气隙的尺寸较小,等值电路中的参数满足如下关系:

$$C_a \gg C_b, C_a \gg C_c, C_c > C_b$$

2.2.2 局部放电的过程

在电压作用下,如果绝缘内部气隙中的电场强度达到气体的击穿场强,气隙就开始放电。放电结果产生大量正负离子,这些正负离子在电场作用下各自向气隙上下壁移动,建立反电场,使气隙中的总电场强度下降,放电熄灭。这样的放电持续时间很短,约为 10^{-9} ~ 10^{-8} s。因此放电时气隙上的电压下降几乎是瞬变的。

如果对含有气隙的绝缘加上交变电压,当电压大

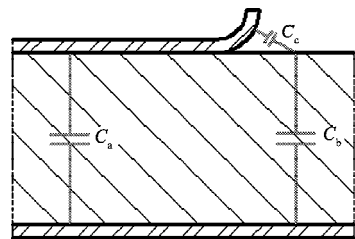


图4 表面放电的介质